

**FORAMINIFERA BENTONIK SEBAGAI BIOINDIKATOR KONDISI PERAIRAN TERUMBU KARANG BERDASARKAN FORAM *Index* DI GUGUSAN KEPULAUAN NATUNA, PROVINSI KEPULAUAN RIAU**

***BENTHIC FORAMINIFERA AS BIOINDICATOR OF CORAL REEF ENVIRONMENTAL CONDITION BASED ON FORAM *Index* IN NATUNA ISLANDS, PROVINCE OF RIAU ISLANDS***

**Kinanti Gitaputri<sup>1</sup>, Hikmat Kasmara<sup>1</sup>, Tatang S. Erawan<sup>1</sup>, dan Suhartati M. Natsir<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Biologi, Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, Bandung. Email: kinanti.gitaputri@yahoo.com

<sup>2</sup>Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Ancol-Jakarta

**ABSTRACT**

*Foraminifera is one of single-celled protozoa, living in the water environment especially marine waters. This organism can be used as bioindicator of environmental conditions of coral reefs through a simple index called FORAM Index. The purpose of this research are to obtain FORAM Index values, to know any species of benthic foraminifera bioindicator of coral reefs environmental conditions that have been found and to find out whether there is a relationship between FORAM Index to the condition of coral reefs based on coral coverage percentage. The research used survey method on sediment sampling and measurement of environment parameters by P20 LIPI team in April 2011. Several important steps in this research such as sediment samples preparation, sample observation, and sample identification. The results showed that there were 80 species and 31 genera benthic foraminifera bioindicator of coral reefs environmental conditions were found in the Natuna Islands. The condition of coral reefs in the Natuna Islands based on FORAM Index (FI) values ranged from 2.6 to 5.94, and overall there was a positive relationship between FORAM Index and the condition of coral reefs based on coral coverage percentage i.e., the increase of FI was followed by the increase of coral coverage percentage. However, in the terms of correlation there were several different results, there was a strong correlation and a weak correlation.*

**Keywords:** *foraminifera, FORAM index, coral reef.*

**ABSTRAK**

Foraminifera merupakan salah satu ordo dari Protozoa yang bersel tunggal, hidup pada lingkungan perairan terutama laut yang dapat dijadikan bioindikator kondisi lingkungan terumbu karang melalui indeks sederhana bernama *FORAM Index*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai *FORAM Index*, mengetahui jenis foraminifera bentonik bioindikator kondisi perairan terumbu karang apa saja yang ditemukan serta mengetahui apakah terdapat hubungan antara *FORAM Index* dengan kondisi terumbu karang berdasarkan penutupan karangnya. Penelitian ini menggunakan metode survey pada pengambilan sampel sedimen dan pengukuran parameter lingkungan yang telah dilakukan oleh tim Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI pada bulan April 2011. Tahap-tahap dalam penelitian ini meliputi tahap preparasi sampel sedimen, tahap pengamatan sampel, dan tahap identifikasi sampel di laboratorium. Hasil dari penelitian ini ditemukan 80 jenis dan 31 genus foraminifera bentonik bioindikator kondisi perairan terumbu karang. Kondisi perairan terumbu karang di gugusan Kepulauan Natuna berdasarkan *FORAM Index* (FI) nilainya berkisar antara 2,63-9,46 dan secara keseluruhan terdapat hubungan yang positif antara *FORAM Index* dengan kondisi terumbu karang berdasarkan penutupan karang, dimana kenaikan nilai FI diikuti dengan kenaikan presentase penutupan karangnya, namun dari segi korelasi terdapat hasil yang beragam, ada yang menunjukkan korelasi yang erat juga lemah.

**Kata kunci :** *foraminifera, FORAM index, terumbu karang.*

## I. PENDAHULUAN

Terumbu karang merupakan salah satu bentuk ekosistem laut yang memiliki peran sangat penting bagi kehidupan. Namun, komunitas terumbu karang telah terancam keberadaannya di berbagai belahan dunia. Bryan *et al.* (1998) dalam Hallock *et al.* (2003) memperkirakan hampir 60% terumbu karang di muka bumi terancam keberadaannya karena dampak lokal seperti polutan kimia, sedimentasi, penangkapan ikan yang merusak lingkungan dan aktivitas kapal.

Kondisi terumbu karang Indonesia telah banyak mengalami degradasi yang mengkhawatirkan, hal ini ditunjukkan dengan presentase penutupan karangnya yaitu kategori kondisi sangat baik hanya sebesar 6,83% ; 25,72% berkategori baik; 36,87 dalam kondisi sedang, dan 30,58% dalam kondisi rusak (Suharsono dan Giyanto, 2003 dalam Johan *et al.*, 2007). Banyak penelitian-penelitian dan upaya yang dilakukan sebagai bagian dari penyelamatan dan konservasi terumbu karang, salah satunya dengan menggunakan bioindikator.

Risk (1999) dalam Hallock *et al.* (2003) mengatakan bahwa dalam kegiatan pengelolaan sumber daya alam telah memonitor kualitas air dan kondisi terumbu karang selama beberapa dekade tetapi mereka kekurangan bioindikator yang dapat menghubungkan keduanya yaitu mengukur kualitas perairan untuk kondisi terumbu karang sebagai salah satu upaya yang berarti untuk melestarikan sumber daya terumbu karang yang tersisa.

Salah satu bioindikator yang dapat digunakan adalah foraminifera yang didasarkan pada kumpulan spesiesnya di sedimen dasar lingkungan perairan terumbu karang yang kemudian dimasukkan ke dalam suatu perhitungan yang dinamakan *FORAM (Foraminifera ion Reef Assessment an Monitoring) Index* (Hallock *et al.*, 2003). Indeks ini dapat

menentukan apakah kualitas suatu lingkungan perairan cukup baik atau tidak untuk mendukung pertumbuhan dan pemulihan terumbu karang (Hallock *et al.*, 2003).

Foraminifera merupakan salah satu ordo dari Protozoa yang bersel tunggal, hidup pada lingkungan perairan terutama laut. Foraminifera bentonik adalah mikrobentos yang hidup pada dasar perairan. Foraminifera dikenal sebagai salah satu penghasil  $\text{CaCO}_3$  di lautan. Organisme ini mengandung mineral *aragonit* atau yang dikenal dengan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang terkandung di dalam cangkangnya (Haq and Boersma, 1997).

Banyak peneliti telah mengusulkan bahwa foraminifera dapat berguna sebagai bioindikator. Keuntungan utama penggunaan foraminifera dalam pemantauan kondisi terumbu karang adalah siklus hidup foraminifera yang singkat dibandingkan dengan organisme pembangun terumbu karang yang lain sehingga secara potensial dapat memfasilitasi dalam jangka panjang perbedaan antara penurunan kondisi terumbu karang yang terkait dengan penurunan kualitas air (Cockey *et al.*, 1990 dalam Hallock *et al.*, 2003).

Beberapa spesies dari foraminifera bentonik merupakan kontributor pembentuk karang, karena foraminifera juga menghasilkan  $\text{CaCO}_3$  (Yamano *et al.*, 2000). Salah satu genusnya adalah *Amphistegina* yang memberikan kontribusi penting penghasil  $\text{CaCO}_3$  lingkungan terumbu karang (Hallock, 1974). Kemampuan foraminifera dalam menghasilkan  $\text{CaCO}_3$  membuat mereka memiliki peran sebagai salah satu organisme pembentuk karang (Goreau, 1963). Sehingga bisa dikatakan bahwa foraminifera berasosiasi dengan terumbu karang.

Kepulauan Natuna merupakan bagian dari Provinsi Kepulauan Riau

yang merupakan provinsi terluar dari Negara Kesatuan Republik Indonesia dan langsung berbatasan dengan Singapura, Malaysia, dan Vietnam. Gugusan Kepulauan Natuna terletak di bagian terluar dan terdiri dari tiga pulau besar, yaitu Pulau Bunguran, Pulau Laut dan Pulau Subi Besar. Ekosistem yang terdapat di perairan Kepulauan Natuna sangat beragam, mulai dari mangrove, lamun sampai terumbu karang (Natsir *et al.*, 2011). Penelitian yang dilakukan oleh tim Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI Jakarta pada tahun 2011 mendapatkan hasil kondisi terumbu karang di perairan gugusan Kepulauan Natuna, Provinsi Kepulauan Riau yaitu termasuk ke dalam kategori baik hingga rusak. Ekosistem terumbu karang dapat menjadi habitat yang kondusif untuk berbagai organisme laut termasuk foraminifera yang dapat hidup pada semua tipe perairan.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi: *Van Veen Grab*, kantung plastik, label, saringan dengan diameter 0,063 mm; 0,250 mm; 0,125 mm; 0,5 mm; 0,1 mm, mangkuk aluminium, oven (Heraeus T6120), batang pengaduk, timbangan analitik elektrik (Sartorius AC 2115), jarum *picking*, *foraminiferal slide*, cawan tabor, mikroskop stereoskopik binokuler, kuas halus nomor 1, dan kamera.

Bahan yang digunakan meliputi: sampel sedimen, larutan  $H_2O_2$  (10-15%), larutan *methylen blue*, air, dan lem.

### 2.2. Pengambilan Sampel

Sampel sedimen lingkungan terumbu karang diambil dengan *Van Veen Grab* di 16 titik pengambilan sampel pada kedalaman 1-12 m yang tersebar di gugusan perairan Kepulauan Natuna yaitu perairan Pulau Subi yang terdiri dari 7 stasiun, perairan pulau Bunguran yang

terdiri dari 6 stasiun, dan perairan Pulau Laut yang terdiri dari 3 stasiun dengan lima kali pengulangan pada tiap stasiun. Sampel sedimen kemudian dilakukan tahap preparasi yang terdiri dari tahapan pencucian sampel, pemisahan foraminifera dari sedimen, deskripsi dan identifikasi. Preparasi sampel dilakukan berdasarkan metode Kennedy & Ziedler (1976) dalam Natsir (2010).

### 2.3. Tahap Preparasi

Sampel dicuci pada saringan bertingkat dengan ukuran mesh 0,063 mm, 0,250 mm, 0,125 mm, 0,5 mm, dan 0,1 mm. Residu sampel dikeringkan dengan suhu 30-60° C. Sampel yang sudah kering dilakukan *picking* yaitu pemilihan/pemisahan foraminifera bentonik dengan menggunakan jarum *picking* dan kuas halus nomor satu di bawah mikroskop, lalu diletakkan di *foraminiferal slide*.

### 2.4. Tahap Identifikasi

Identifikasi foraminifera dilihat melalui deskripsi morfologinya. Penyusunan taksonomi mengacu pada taksonomi foraminifera menurut Barker (1960), Albani (1979), dan Loeblich and Tappan (1992). Data hasil identifikasi foraminifera yang didapatkan dianalisis secara kuantitatif ke dalam perhitungan *FORAM Index*, kelimpahan, dan analisis korelasi.

Untuk mendapatkan nilai *FORAM Index*, dilakukan perhitungan dengan menggunakan formula berikut (Hallock *et al.*, 2003) :

$$FI = (10 \times Ps) + (Po) + (2 \times Ph)$$

FI = *FORAM Index*

Ps =  $N_s / T$

Ns = Jumlah individu yang mewakili foraminifera yang berasosiasi dengan terumbu karang: *Amphistegina*, *Heterostegina*,

- Alveolinella*, *Borelis*, *Sorites*,  
*Amphisorus*, *Marginophora*.
- Po = No/T
- No = Jumlah individu yang mewakili foraminifera oportunis: *Ammonia*, *Elphidium*, beberapa marga dari Suku Trochaminidae Lituolidae, Boliviniidae, Buliminidae.
- Ph = Nh/T
- Nh = Jumlah individu yang mewakili foraminifera kecil lain yang heterotrofik: beberapa marga dari Miliolida, Rotaliida, Textulariida dan lain-lain.
- T = Jumlah seluruh individu foraminifera yang didapatkan dari sampel yang diuji.

Interpretasi nilai *FORAM Index* berdasarkan Hallock *et al.* (2003):

- FI > 4 = Menunjukkan kondisi lingkungan yang kondusif bagi pertumbuhan terumbu karang atau merupakan tempat yang sesuai bagi pemulihan terumbu karang
- 3 < FI < 5 = Memberikan gambaran awal perubahan lingkungan
- 2 < FI < 4 = Menunjukkan lingkungan cukup kondusif (sedang) untuk pertumbuhan terumbu karang, namun tidak mendukung untuk pemulihan terumbu karang
- FI < 2 = Menunjukkan lingkungan tidak layak untuk pertumbuhan terumbu karang

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. *FORAM Index* dan Foraminifera Bentonik Bioindikator Kondisi Perairan Terumbu Karang yang Ditemukan

Pada perairan Pulau Subi dari hasil identifikasi didapatkan sebanyak 71

spesies dan 29 genus foraminifera bentonik bioindikator kondisi perairan terumbu karang. Pada perairan Pulau Bunguran didapatkan sebanyak 54 spesies dan 24 genus, dan pada perairan Pulau Laut didapatkan sebanyak 44 spesies dan 20 genus.

*FORAM Index* (FI) tertinggi perairan Pulau Subi terdapat pada stasiun 1 yaitu sebesar 8,40 (Gambar 1). Berdasarkan kriteria FI oleh Hallock *et al.*, 2003 yaitu jika FI > 4 menunjukkan bahwa lingkungan perairan tersebut baik untuk perkembangan terumbu karang dan pemulihannya.

Hallcok *et al.* (2003) in Schueth and Frank (2008) mengatakan bahwa nilai FI yang menunjukkan suatu lingkungan perairan kondusif untuk pertumbuhan terumbu karang yaitu paling sedikit mengandung 25-30% kelompok foraminifera yang berasosiasi dengan terumbu karang terbukti stasiun 1 memiliki kelimpahan foraminifera bentonik yang bersimbiosis dengan terumbu karang sebesar 80,40% (Gambar 2a). Genus foraminifera bentonik yang bersimbiosis dengan terumbu karang pada stasiun ini yang paling banyak ditemukan adalah *Amphistegina* dengan kelimpahannya sebesar 73,20%.

Hal yang sama terjadi pada stasiun 9 di perairan Pulau Bunguran dan stasiun 14 di perairan Pulau Laut, dimana memiliki nilai FI tertinggi diikuti oleh tingginya kelimpahan kelompok foraminifera bentonik yang bersimbiosis dengan terumbu karang (Gambar 1, 2b. dan 2c). Pada Pulau Bunguran genus dari tipe kelompok ini yang paling banyak ditemukan adalah *Amphistegina* dan *Calcarina* dengan nilai kelimpahan masing-masing sebesar 38,36% dan 36,22% dan pada Pulau Laut yang paling banyak ditemukan adalah *Calcarina* dengan kelimpahannya yang sangat tinggi sebesar 89,56%.

Secara keseluruhan genus *Amphistegina* paling sering ditemukan dan kelimpahannya cukup tinggi. *Amphistegina* merupakan salah satu genus dari kelompok simbiosis terumbu karang yang paling melimpah dan terdistribusi secara luas di terumbu karang seluruh dunia (Langer and Hottinger, 2000 in Hallock *et al.*, 2004). Spesies *Amphistegina* yang paling sering ditemukan pada penelitian ini adalah *Amphistegina quoyii*, *A. lesonii*, dan *A. gibbosa*. *Amphistegina quoyii* biasa ditemukan di kawasan perairan Indo-Pasifik (Barker, 1960). Indonesia termasuk kawasan Indo-Pasifik dimana dikelilingi oleh Samudera Hindia dan Pasifik, jadi sangat memungkinkan bahwa *A. quoyii* banyak ditemukan di sini. Begitu juga dengan *A. lesonii*, spesies ini diketemukan diberbagai kedalaman di perairan Indo-Pasifik (Hohenegger *et al.*, 1999 in Renema, 2002).

Menurut Hallock *et al.* (2003) pada ekosistem terumbu karang yang baik kelompok famili Amphisteginidae akan melimpah bersama dengan kelompok dari famili Calcarinidae. Hal ini terjadi pada stasiun 9 dimana *Amphistegina* dan *Calcarina* sama-sama melimpah dan kondisi terumbu karang di stasiun tersebut dalam kategori sedang berdasarkan presentase tutupan karangnya. Walaupun bukan dalam kategori baik, tapi kondisi terumbu karangnya masih belum rusak.

Spesies *Calcarina* yang sering ditemukan pada penelitian ini adalah *C. calcar* dan *C. spengleri*. Pada stasiun 14 genus *Calcarina* kelimpahannya sangat tinggi, dengan *C. calcar* yang paling banyak ditemukan kemudian diikuti oleh *C. spengleri*. Penelitian yang dilakukan oleh Toruan (2011) didapatkan hasil terdapat 2 stasiun yang berhadapan dengan laut terbuka memiliki kelimpahan *C. calcar* dan *C. spengleri* yang tinggi. Stasiun 14 sendiri berhadapan langsung dengan laut terbuka yaitu Laut Cina

Selatan tanpa terlindung oleh pulau-pulau kecil sehingga stasiun ini memiliki gelombang yang cukup tinggi. Menurut Toruan (2011) genus *Calcarina* umumnya berada pada kondisi perairan yang memiliki substrat lumpur sampai pecahan karang dan pada kondisi ekosistem karang yang baik dengan energi air yang cukup besar, baik arus maupun gelombang perairan.

Nilai FI terendah pada Pulau Subi terdapat pada stasiun 4 yaitu sebesar 2,63 (Gambar 1). Nilai FI tersebut menunjukkan bahwa lingkungan perairan di stasiun ini cukup kondusif untuk pertumbuhan dan perkembangan terumbu karang, namun tidak cocok untuk pemulihan kondisi terumbu karang yang dapat rusak akibat penyakit atau gangguan lainnya.

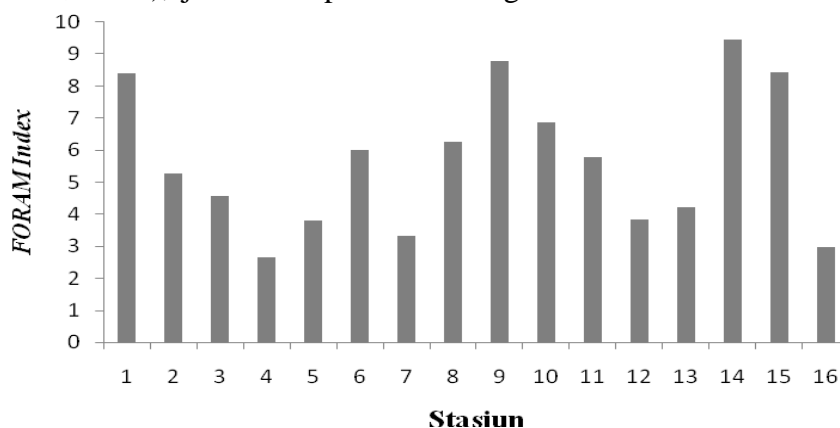
Nilai  $2 < FI < 4$  mengandung kurang dari 25% foraminifera yang bersimbiosis dengan terumbu karang (Schueth and Frank, 2008), terbukti dari kelimpahan kelompok foraminifera bentonik simbiosis terumbu karang stasiun 4 yang hanya sebesar 12,59% (Gambar 2a). Hal yang sama terjadi pada Pulau Bunguran pada stasiun 12 dan pulau laut pada stasiun 16 dimana memiliki nilai FI terendah pada wilayah perairannya dengan nilai FI di antara 2 dan 4 dan mengandung kurang dari 25% foraminifera yang bersimbiosis dengan terumbu karang (Gambar 1, 2b dan 2c).

Penelitian yang dilakukan oleh Schueth dan Frank (2008) di Great Barrier Reef, Australia, terdapat 5 stasiun dari 9 stasiun yang memiliki nilai  $2 < FI < 4$  dimana stasiun pengambilan sampel berbatasan langsung dengan hutan mangrove, hal yang sama juga terdapat pada stasiun 4 dan 16. Kedua stasiun tersebut berdekatan dengan pulau lain yang memiliki vegetasi mangrove di pesisirnya.

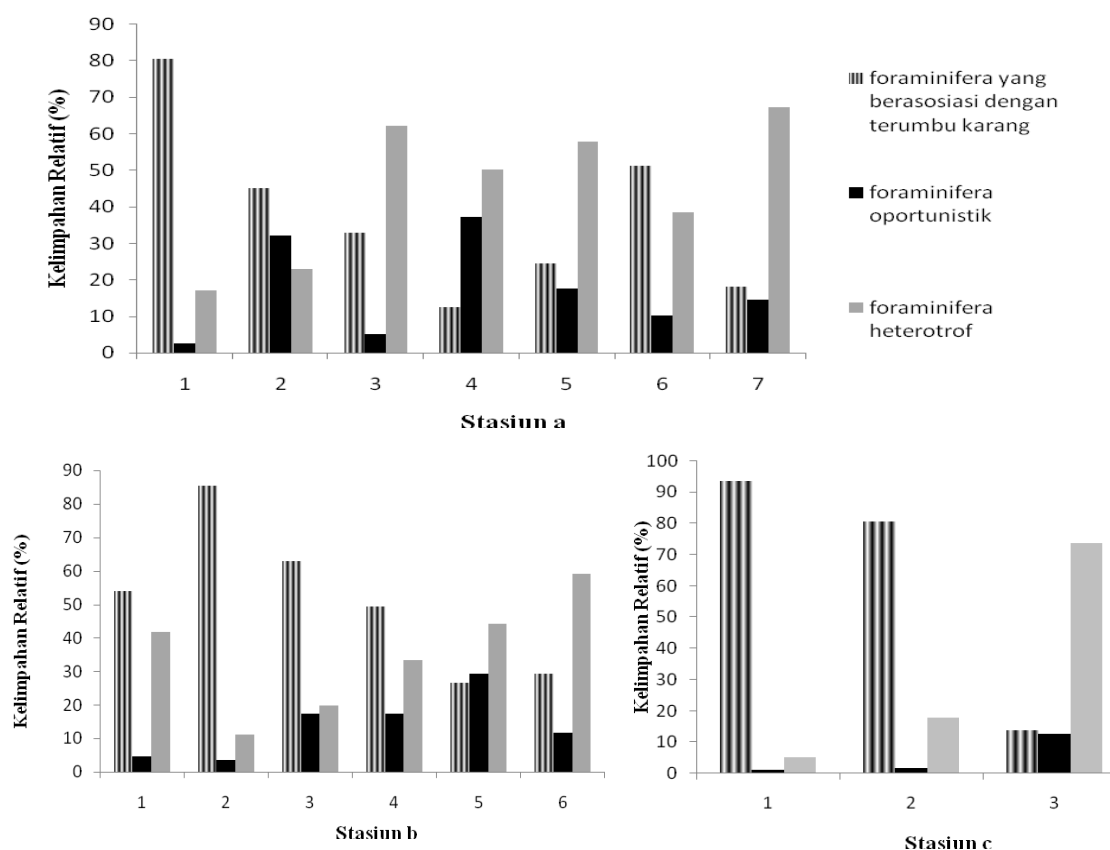
Stasiun 4 dan 16 memiliki kelimpahan kelompok foraminifera

heterotrof yang cukup tinggi dengan nilai masing-masing sebesar 62,16% dan 73,43% (Gambar 2a dan 2c). Kelompok heterotrof merupakan kelompok yang merespon terhadap peningkatan nutrisi (Hallock *et al.*, 2003), jadi kelompok ini

akan melimpah pada saat ketersediaan makanan atau nutrisi meningkat (Schueth and Frank, 2008). Peningkatan nutrisi ini diduga berasal dari kandungan organik komunitas mangrove yang berbatasan dengan stasiun 4 dan 16.



Gambar 1. Diagram *FORAM index* gugusan kepulauan natuna, Provinsi Kep. Riau.



[(a) Perairan Pulau Subi, (b) Perairan Pulau Bunguran, (c) Perairan Pulau Laut]

Gambar 2. Diagram presentase kelimpahan relatif kelompok fungsional foraminifera bentonik bioindikator kondisi perairan terumbu karang gugusan kepulauan Natuna, Provinsi Kepulauan Riau.

Parameter seperti suhu, salinitas dan kecerahan juga mendukung kehidupan foraminifera. Pada stasiun perairan Pulau Subi suhunya berkisar antara 33,20-33,26°C, salinitasnya antara 33,12-33,20 ppt, kecerahannya 80-84%. Perairan Pulau Bunguran suhunya berkisar antara 27,10-27,70°C, salinitasnya antara 33,21-33,25 ppt, kecerahannya 82,80-84,0%. Perairan Pulau Laut suhunya berkisar antara 26,39-27,10°C, salinitasnya antara 33,17-33,19 ppt, kecerahannya 86-87%. (Ruyitno, dkk., 2011).

Foraminifera ditemukan dalam kisaran suhu 1°C hingga 50°C lebih (Natland, 1987 *in* Haq and Boersma, 1997). Penelitian yang dilakukan oleh Bradshaw yang disitir oleh Murray (1973) menyatakan bahwa secara umum foraminifera bentik dapat hidup pada salinitas antara 20 – 40 ppt (Natsir, 2010). Menurut Boltovskoy and Wright (1976) umumnya populasi foraminifera bentonik akan cenderung berkurang pada perairan dengan tingkat kecerahan rendah. Intensitas cahaya pada 16 stasiun ini termasuk tinggi dengan rata-rata di atas 80%.

### **3.2. Hubungan Antara FI dengan Kondisi Terumbu Karang Berdasarkan Presentase Tutupan Karangnya**

Pada Pulau Subi hubungan antara nilai FI dengan presentase tutupan karang menunjukkan hubungan yang positif, dimana kenaikan nilai FI diikuti oleh kenaikan tutupan terumbu karang (Gambar 3.a). Selain itu hubungan antara FI dengan tutupan terumbu karang juga dapat di lihat dari koefisien korelasinya melalui perhitungan korelasi Pearson menggunakan program SPSS yaitu hasil  $r$  yang sebesar 0,24. Menurut Guilford (1956) koefisien korelasi sebesar 0,20-0,40 menunjukkan hubungan yang lemah. Korelasi yang lemah pada stasiun ini disebabkan perbedaan nilai FI dan

presentase penutupan karang pada stasiun 4 yang sangat signifikan. Namun jika di lihat dari definisi nilai FI yang didapatkan pada stasiun tersebut yaitu 2,63 masih menunjukkan bahwa kondisi perairan stasiun ini baik untuk pertumbuhan terumbu karang, hasil FI tersebut selaras dengan kondisi terumbu karangnya yang memang berkategori baik dengan presentase penutupan terumbu karang sebesar 70,70%, hal ini menunjukkan bahwa di antara kedua variable tersebut terdapat hubungan yang cukup kuat. Korelasi yang lemah antara nilai FI dengan presentase tutupan karang juga terjadi pada Pulau Laut.

Hubungan antara nilai FI dengan presentase tutupan karang pada Pulau laut menunjukkan hubungan yang positif tetapi memiliki korelasi yang sangat lemah dengan koefisien korelasi yang ditunjukkan dengan hasil  $r$  sebesar 0,10. Korelasi yang lemah ini disebabkan oleh perbedaan yang sangat signifikan antara nilai FI dengan presentase tutupan karang pada stasiun 15. Stasiun ini memiliki nilai FI sebesar 8,41 menunjukkan kondisi perairan yang baik untuk pertumbuhan dan pemulihan terumbu karang namun bertolak belakang dengan kondisi terumbu karangnya sendiri yang berkategori buruk dengan presentase tutupan karang 10,13%.

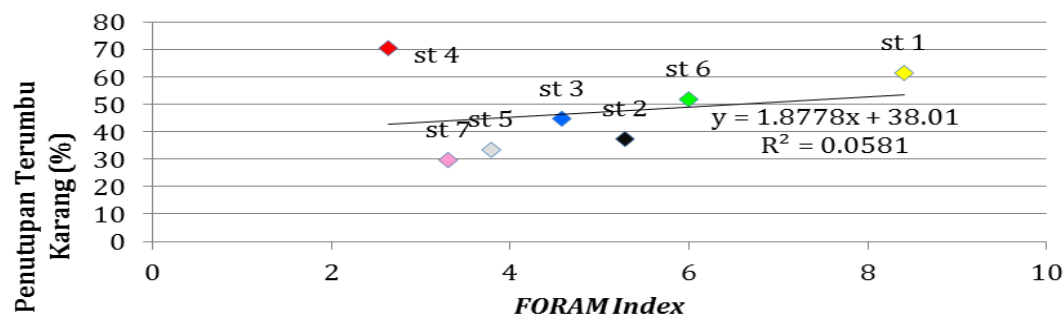
Berdasarkan data sekunder yang didapatkan kondisi terumbu karang pada stasiun 15 berkategori buruk karena banyak mengalami kematian karang massal, namun masih memiliki bentuk koloni karang yang utuh. Penelitian yang dilakukan oleh Toruan (2011) terdapat 2 stasiun dimana *Peneroplis planatus* cenderung memilih lokasi dengan substrat yang keras dan karang mati, hal tersebut mirip dengan kondisi stasiun 15 yang banyak terdapat karang mati dan *P. planatus* ditemukan sangat banyak di stasiun ini. Genus *Peneroplis* termasuk ke dalam kelompok foraminifera bersimbiosis dengan terumbu karang.

Nilai FI yang baik pada stasiun 15 diduga sebelumnya kondisi terumbu karang pada stasiun ini berada dalam keadaan baik yang kemudian terjadi penurunan kondisi secara alami, ditunjukkan dengan walaupun banyak terdapat karang mati tetapi koloni karang masih terlihat utuh, hal tersebut menandakan bahwa kematian karang terjadi secara alami. Kematian karang massal secara alami ini dapat terjadi akibat kenaikan suhu secara ekstrim, disamping itu kemungkinan bahwa kematian karang ini akibat aktivitas manusia sangat kecil karena Pulau Laut adalah pulau yang tidak berpenduduk.

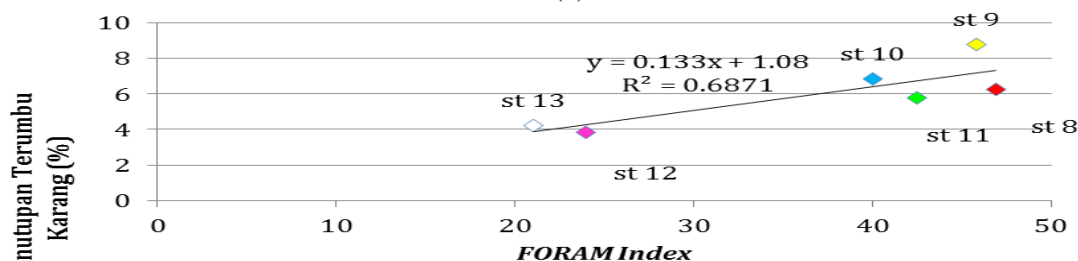
Pada pulau Bunguran hubungan antara nilai FI dengan presentase penutupan karang menunjukkan hubungan yang positif, dimana kenaikan nilai FI diikuti oleh kenaikan penutupan karang (Gambar 3.b). Koefisien korelasi ditunjukkan dengan hasil  $r$  yaitu sebesar 0,80. Menurut Guilford (1956) koefisien korelasi sebesar 0,70-0,90 menunjukkan

hubungan yang erat antara kedua variabel, berarti hubungan antara FI dengan kondisi terumbu karang pada Pulau Bunguran ini memiliki hubungan yang erat.

Menurut Toruan (2011) nilai korelasi yang positif mengasumsikan respon yang sama akan kebutuhan kualitas perairan antara foraminifera bentonik dan terumbu karang, tetapi akibat kecepatan dalam merespon perubahan kualitas perairan yang berbeda menyebabkan pada suatu lokasi nilai FI bisa lebih tinggi saat persentase penutupan karang rendah dan sebaliknya. Hal ini terjadi pada stasiun 4 di perairan Pulau Subi, stasiun 13 dan 12 di perairan pulau Bunguran dan stasiun 15 di perairan Pulau Lau. Perbedaan kecepatan foraminifera dibandingkan karang dalam merespon kualitas perairan menunjukkan sensitifitas foraminifera yang dapat dijadikan sebagai indikator awal degradasi dan perbaikan kualitas perairan (Motjahid *et al.*, 2008 in Toruan, 2011).



(a)



(b)

Gambar 3. Grafik hubungan antara nilai *FORAM Index* dengan presentase penutupan terumbu karang gugusan kepulauan Natuna, Provinsi Kepulauan Riau. [(a) P. Subi, (b) P. Bunguran].



#### IV. KESIMPULAN

Foraminifera bentonik bioindikator kondisi perairan terumbu karang di gugusan Kepulauan Natuna yang ditemukan sebanyak 80 jenis yang termasuk ke dalam 31 genus. Genus kelompok foraminifera byang bersimbiosis dengan terumbu karang yang ditemukan antara lain *Amphistegina*, *Calcarina*, *Tynoporus*, *Heterostegina*, *Operculina*, *Sorites*, *Peneroplis*, *Marginophora*, dan *Spirolina*. Genus kelompok oportunistik yang ditemukan antara lain, *Elphidium*, *Ammonia*, *Planorbulina*, dan *Bolivina*. Genus kelompok heterotrof yang ditemukan antara lain *Textularia*, *Quinqueloculina*, *Spiroloculina*, *Triloculina*, *Eponides*, *Discorbis*, *Rosalina*, *Massilina*, *Miliolinella*, *Cymbaloporeta*, *Sigmio-linella*, *Nonion*, *Biloculina*, *Discorbinella*, *Cibicides*, *Hauerina*, *Pyrgo*, dan *Cancris*.

Kondisi perairan terumbu karang di gugusan Kepulauan Natuna berdasarkan FORAM *Index* (FI) nilainya berkisar antara 9,46-2,60. Mengindikasikan kondisi lingkungan perairan sangat kondusif untuk pertumbuhan dan pemulihan terumbu karang dan terdapat pula kondisi perairan yang kondusif untuk pertumbuhan terumbu karang, namun tidak cocok untuk pemulihan terumbu karang.

Secara keseluruhan terdapat hubungan yang positif antara FORAM *Index* dengan kondisi terumbu karang di gugusan Kepulauan Natuna, dimana kenaikan nilai FI diikuti dengan kenaikan presentase penutupan karangnya. Namun dari segi korelasi terdapat hasil yang beragam, ada yang menunjukkan korelasi yang erat juga lemah karena berbagai macam faktor dan pada kasus ini tidak selalu hubungan yang lemah benar-benar menunjukkan bahwa antara FORAM *Index* dengan kondisi terumbu karang terdapat korelasi yang negatif.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta atas seluruh bantuan selama penelitian berlangsung.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Barker, R.W. 1960. Taxonomic notes. Society of economic paleontologist and mineralogist. Special publication No. 9. Tulsa. Oklahoma, USA. 238p.
- Boltovskoy, E. and R. Wright. 1976. Recent foraminifera. Dr. W, Junk b.v. Publishers The Hague. Netherland. 515p.
- Ruyitno, Pramudji, M. Muchtar, Fahmi, dan K. Wibowo. 2011. Ekspedisi widya Nusantara (E-WIN): Perairan Kepulauan Natuna. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Jakarta. 97hlm.
- Goreau, F.T. 1963. Calcium carbonate deposition by coralline algae and corals in relation to their roles as reef-builders. *New York Zoological Society*, 109:127-167.
- Guilford, J.P. 1956. Fundamental statistics in psychology and education. McGraw Hill. New York. 145p.
- Hallock, P. 1974. Sediment production and population biology of the benthic foraminifer *Amphistegina madagascariensis*. *Limnology and Oceanography*, 19(5):802-809.
- Hallock, P., B.H. Lidz, E.M. Cockey-Birkhard, and K.B. Donnelly. 2003. Foraminifera as bio-indicators in coral reef assessment and monitoring: the forum index. *Environmental Monitoring and Assessment*, 81(1-3):221-238.

- Haq, B.U. and A. Boersma. 1998. Introduction to marine micro-paleontology. Elsevier Science (Singapore) Pte Ltd. Singapore. 376p.
- Johan, O., K. Sugama, dan I. Insan. 2007. Propagasi karang di Indonesia. Pusat Riset Perikanan Budaya. Jakarta. 45hlm.
- Natsir, S.M. 2010. Foraminifera bentik sebagai indikator kondisi lingkungan terumbu karang perairan Pulau Kotok Besar dan Pulau Nirwana, Kepulauan Seribu. *Oseanologi dan Limnologi Indonesia*, 36(2):181-192.
- Natsir, S.M., M. Subkhan, Rubiman, dan S.P.A. Wibowo. 2011. Komunitas foraminifera bentik di perairan Kepulauan Natuna. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 3(2):21-31.
- Renema, W. 2002. Larger foraminifera as marine environmental indicators. Nationaal Natuurhis-torisch Museum. California University. Volume 124 Scripta Geologica. 263p.
- Schueth, D.J. and T.D. Frank. 2008. Reef foraminifera as bioindicators of coral reef health: low isles reef, northen great barrier reef, Australia. *J. of Foraminiferal Research*, 38:11-22.
- Toruan, L. 2011. Pendugaan Kualitas ekosistem terumbu karang di kepulauan Seribu dengan menggunakan proporso foraminifera bentik sebagai bioindikator. Thesis. Institut Pertanian Bogor. 94hlm.
- Yamano, H., T. Miyajama, and I. Koike. 2000. Importance of foraminifera for the formation and maintenance of a coral sand cay: Green Island, Australia. *Coral Reef*, 19:51-58.
- Diterima : 31 Januari 2013*  
*Direvisi : 2 Februari 2013*  
*Disetujui : 28 Mei 2013*